THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE,

Présentée et soutenue le 15 *avril* 1862,

Par Pierre-Charles BUISSON,

né à Lalouvesc (Ardèche).

QUELQUES RECHERCHES

SUR

LA CIRCULATION DU SANG,

A L'AIDE D'APPAREILS ENREGISTREURS.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS.

RIGNOUX, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,

rue Monsieur-le-Prince, 31.

1862

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

Professeurs.

M. P. DUBOIS, DOYEN.	MM.
Anatomie	JARJAVAY.
Physiologie	LONGET.
Physique médicale	GAVARRET, Président.
Histoire naturelle médicale	MOQUIN-TANDON.
Chimie organique et chimie minérale	WURTZ.
Pharmacie	REGNAULD.
Hygiène	BOUCHARDAT.
Pathologie médicale	N. GUILLOT. MONNERET.
Pathologie chirurgicale	DENONVILLIERS. GOSSELIN, Examinateur.
Anatomie pathologique	CRUVEILHIER.
Pathologie et thérapeutique générales	ANDRAL.
Opérations et appareils	MALGAIGNE.
Thérapeutique et matière médicale	GRISOLLE.
Médecine légale	TARDIEU.
Accouchements, maladies des femmes en couches et des enfants nouveau-nés	....
Clinique médicale	BOUILLAUD. ROSTAN. PIORRY. TROUSSEAU.
Clinique chirurgicale	VELPEAU. LAUGIER. NÉLATON. JOBERT DE LAMBALLE.
Clinique d'accouchements	P. DUBOIS.

Professeurs honoraires, MM. CLOQUET et ADELON. — *Secrétaire*, M. BOURBON.

Agrégés en exercice.

MM. AXENFELD.
BAILLON.
BARTH.
BLOT.
BOUCHUT, Examinateur.
BROCA.
CHAUFFARD.
DELPECH.
DUCHAUSSOY.
EMPIS, Examinateur.
FANO.
FOLLIN.

MM. FOUCHER.
GUBLER.
GUILLEMIN.
HÉRARD.
LASÈGUE.
LECONTE.
PAJOT.
REVEIL.
RICHARD.
SAPPEY.
TRÉLAT.
VERNEUIL.

A MON PÈRE, A MA MÈRE.

A MA FAMILLE.

A M. RAYNAUD,

Professeur de Sciences au Collége d'Annonay.

A M. LE PROFESSEUR GAVARRET.

Hommage respectueux.

A M. LE D[R] MARTIN-MAGRON.

Veuillez agréer, cher maître, ce faible hommage de ma reconnaissance pour vos savantes leçons et pour l'amitié dont vous m'avez honoré.

QUELQUES RECHERCHES

SUR LA

CIRCULATION DU SANG,

A L'AIDE D'APPAREILS ENREGISTREURS.

Expériences relatives à la pulsation artérielle et au mouvement du sang dans les artères.

A chaque systole ventriculaire correspond, dans chaque point du système artériel, une augmentation plus ou moins brusque de la pression que le sang exerce sur les parois des vaisseaux. On admet généralement que c'est à cette augmentation de pression qu'est due la pulsation artérielle; mais les auteurs sont loin de s'accorder sur le mécanisme qui fait succéder le mouvement extérieur perçu par nos sens au changement qui s'opère dans la pression du sang. Je pense, avec M. Garros, que le mécanisme dont il s'agit varie avec l'artère et avec le mode d'exploration. J'extrais de l'excellente thèse de ce médecin un passage qui fait bien comprendre comment se produit la pulsation que l'on perçoit en déprimant une artère, entre la pulpe du doigt et un plan résistant : c'est le seul cas qu'il nous importe de connaître.

«Placez sur une table, dit M. Garros, un tube membraneux, et injectez par saccades, à l'aide d'une seringue, un liquide dans son intérieur, de manière à imiter les contractions du ventricule; placez

l'extrémité de l'index sur ce tube, de manière à le toucher à peine; si le tube est élastique, à chaque coup de piston il se dilatera, et viendra frapper la pulpe du doigt; s'il n'est point élastique, le choc n'aura pas lieu, à moins que le tube ne soit déplacé et ne vienne frapper le doigt par ce genre de locomotion. Appliquez le doigt sur ce tube, et déprimez ses parois contre la table, de manière à l'aplatir; à chaque coup de piston, la colonne liquide fera effort pour soulever le doigt, afin de rendre au tube sa forme cylindrique. Que les parois soient dilatables ou non, peu importe; du moment qu'elles se laissent facilement déprimer par le doigt, elles se laisseront soulever par la pression excentrique du liquide rendue plus forte, et à chaque coup de piston, le doigt, soulevé par ce liquide, percevra la sensation d'un choc, d'un soulèvement en rapport avec le degré de dépression, soulèvement très-propre à induire nos sens en erreur, et à nous faire croire à une dilatation du vaisseau, dilatation qui en réalité peut être nulle» (1).

Le doigt ne peut nous donner qu'une idée très-imparfaite du mouvement qu'il développe en déprimant une artère. Pour analyser ce phénomène dans tous ses éléments, il faut avoir recours à l'emploi d'instruments spéciaux.

C'est à Ludwig qu'on doit la première application des appareils à *indications continues* à l'étude de la circulation. Mais Vierordt a le premier construit un instrument qui peut écrire les pulsations, sans qu'on ait besoin de recourir à une vivisection préalable. La pièce fondamentale de cet appareil est un levier appuyant sur l'artère par un point voisin de son axe de rotation, et chargé d'un poids suffisant pour qu'il puisse déprimer les parois du vaisseau et y développer la pulsation. Un pinceau écrit les oscillations de l'extrémité libre du levier sur un cylindre mis en rotation par un mouvement d'hor-

---

(1) *Considérations sur le mécanisme de la circulation vasculaire.* Garros, thèse de Paris, 1850.

logerie et analogue d'ailleurs au cylindre du kymographion de Ludwig.

M. Marey reproche avec raison au sphygmographe de Vierordt, de donner un tracé défectueux de la pulsation, par suite de la masse trop considérable du levier oscillant et des poids dont il faut le charger. Pour remédier à cette cause d'erreur, M. Marey a construit un autre sphygmographe, dont le levier est très-léger, et dans lequel la pression sur le vaisseau s'exerce au moyen d'un ressort. Un simple chariot à crémaillère porte le papier qui doit recevoir le tracé et remplace avantageusement le cylindre en permettant de donner à l'instrument un très-petit volume.

Avec cet appareil, qui s'applique spécialement sur l'artère radiale, on peut étudier non-seulement la fréquence, le rhythme et la régularité du pouls, mais encore la forme de la pulsation dans ses nuances délicates qu'on ne pourrait apprécier par le toucher. Toutefois le sphygmographe ne peut donner une idée précise de l'amplitude de la pulsation, car, ainsi que le fait observer M. Marey, suivant qu'on applique l'instrument sur le milieu de l'artère ou un peu sur le côté de ce vaisseau, les oscillations communiquées au levier sont plus ou moins étendues. Les tracés ont aussi des amplitudes variables, suivant qu'on exerce sur l'artère une pression plus ou moins forte avec le ressort, suivant que le sujet a plus ou moins d'embonpoint et que le vaisseau est situé plus ou moins profondément, etc.

Il ne faut pas chercher non plus dans la courbe sphygmographique un rapport exact entre les divers degrés de la pression que le sang exerce sur les parois des artères, les conditions dans lesquelles la pression se transmet à l'appareil, variant aux différents instants de la durée d'une pulsation.

Je me suis fréquemment servi, dans mes expériences, d'un instrument construit sur le modèle du sphygmographe de M. Marey, avec cette seule différence que dans mon appareil un certain méca-

nisme permet de graduer la force du ressort et de la diminuer au besoin jusqu'à la rendre nulle. Mais, pour étudier les rapports qui existent entre les divers éléments de la pulsation et les mouvements du sang dans les artères, il est utile, ainsi que nous le verrons plus loin, d'obtenir simultanément, sur un même cylindre tournant, deux tracés au moins, pris sur deux artères différentes, de manière à voir nettement ce qui se passe à un même instant en ces deux points du système artériel. Pour cela, il fallait trouver le moyen d'écrire une pulsation sur un cylindre placé à une distance plus ou moins grande du vaisseau exploré.

Voici l'appareil enregistreur que j'ai imaginé (1) :

Une petite cuvette en métal, de forme circulaire, large de 4 à 5 centimètres, profonde d'environ 1 centimètre, est fermée supérieurement par une membrane de caoutchouc; elle porte une tubulure latérale à laquelle s'adapte un tuyau en caoutchouc long de 1 à 2 mètres. L'autre extrémité du tuyau est fixée à la tubulure d'un entonnoir dont le pavillon est fermé par une membrane élastique. Un levier en bois, très-léger, peut osciller autour d'un axe horizontal situé à 1 centimètre au-dessus de la membrane de la cuvette; il est articulé par un point voisin de son axe de rotation avec une petite rondelle de carton collée sur le milieu de cette membrane; l'extrémité libre du levier est constituée par une petite tige très-flexible taillée dans une plume d'oie.

L'appareil est plein d'air, et une soupape, ou mieux, un robinet, permet d'en augmenter ou d'en diminuer le volume. Il est facile de comprendre comment tout mouvement communiqué à la membrane de l'entonnoir sera transmis par l'air à la membrane de la cuvette, et puis au levier. On peut d'ailleurs faire varier l'étendue des oscillations du levier en modifiant la distance qui sépare son axe de rotation de son articulation avec la rondelle de carton.

---

(1) Voir la *Gazette médicale de Paris*, 18 mai 1861.

On fixe, à l'aide de vis de pression, sur la tige verticale d'un support, les cuvettes et les leviers de deux ou d'un plus grand nombre de ces appareils, de manière que les extrémités des leviers superposés frottent légèrement sur le papier enfumé d'un cylindre tournant.

Pour prendre le tracé de la pulsation de certaines artères, de la carotide par exemple, il suffit d'appliquer la membrane d'un des entonnoirs sur l'artère; mais, si l'on veut opérer sur la radiale, sur la tibiale postérieure, et, en un mot, sur une artère où la pulsation a besoin d'être développée, il faut adapter sur le rebord de l'entonnoir un ressort qui déprime préalablement l'artère, comme celui qui existe dans le sphygmographe de M. Marey. Ce ressort transmet alors la pulsation à la membrane de l'entonnoir, puis le mouvement est communiqué au levier, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Non-seulement ce nouvel appareil enregistreur donne des tracés exacts de la pulsation artérielle et sert à l'étude des mouvements du sang dans les artères, mais il peut encore recevoir plusieurs autres emplois, dont je ne citerai qu'un seul, celui d'enregistrer les mouvements imprimés aux parois thoraciques par les battements du cœur. Il en sera spécialement question dans la seconde partie de cette thèse.

Tout tracé d'une pulsation artérielle, obtenu soit avec le sphygmographe de M. Marey, soit avec l'appareil enregistreur que je viens de décrire, peut être considéré comme composé de deux périodes :

La première période est une ligne ascendante, droite ou légèrement courbée en S et se rapprochant plus ou moins de la verticale. Elle représente le choc ou soulèvement qu'on perçoit en déprimant une artère avec le doigt.

La seconde période consiste en une ligne presque toujours sinueuse et qui, considérée dans son ensemble, est descendante et très-oblique. Elle correspond au mouvement d'abaissement qui

complète la pulsation et dont le toucher donne une idée si imparfaite.

Cette division de la pulsation est basée sur la forme et la nature des éléments de la pulsation. La limite qui sépare les deux périodes est en général le point le plus élevé du tracé, c'est-à-dire le *sommet* de la pulsation. Mais il arrive quelquefois (je ne parle ici que de l'état physiologique) que le sommet de la pulsation se déplace en quelque sorte et vient occuper un des éléments qui ordinairement lui succèdent. Il est facile, le plus souvent, de voir en quel point du tracé serait le sommet s'il n'avait été déplacé et par suite de trouver la limite entre les deux périodes.

Lorsqu'on palpe à la fois deux artères très-inégalement distantes du cœur, telles que la carotide et la tibiale postérieure, on remarque qu'il y a un certain intervalle entre les deux battements; le pouls de la tibiale postérieure retarde sur celui de la carotide.

E.-H. Weber compare la progression de l'ondée sanguine dans les artères au mouvement de la vague.

M. Pierre Garros soutient que la pulsation commence à peu près au même instant dans toute la longueur du système artériel, mais que le maximum de distension des artères arrive d'autant plus tard qu'on le considère sur un point plus éloigné du cœur. C'est théoriquement que M. Garros arrive à cette proposition qu'il n'a vérifiée par aucune expérience directe.

M. Marey exprime une opinion semblable à celle qui a été émise par M. Garros ; il affirme qu'il n'y a pas de retard réel du pouls, mais seulement un retard sur le maximum de la pulsation (1). M. Marey s'appuie sur une expérience d'hydraulique très-importante. Comme j'ai fait, à mon tour, un fréquent usage des appareils imaginés par ce phygiologiste, je vais les décrire avec quelques détails.

---

(1) *Recherches sur la circulation du sang ;* thèse de Paris, 1859.

M. Marey a d'abord cherché à reproduire artificiellement la pulsation en construisant un appareil dans lequel sont imitées les principales conditions physiques dans lesquelles se fait la circulation du sang. Une boule de caoutchouc portant deux tubulures représente le cœur. L'une de ces tubulures est munie d'une valvule s'ouvrant de dehors en dedans et communique par un large conduit avec un vase plein d'eau. L'autre tubulure renferme une valvule s'ouvrant de dedans en dehors et s'adapte à un tube de caoutchouc de 2 ou 3 mètres de longueur. L'extrémité terminale de ce tube, qui représente un vaisseau artériel, est munie d'un ajutage percé d'un canal étroit correspondant aux voies capillaires.

Supposons que l'appareil soit plein d'eau. Si l'on comprime la boule à intervalles égaux, de façon à imiter le rhythme des contractions du ventricule, des ondées successives de liquide pénétreront dans le tube et y produiront des pulsations identiques à celles des artères.

Voici comment M. Marey étudie «la transmission du mouvement pour chaque ondée qui afflue dans ce tube :»

Sur un même support, on adapte trois leviers sphygmographiques de même longueur. Leurs centres de mouvement se trouvent sur une même verticale; il en est de même de leurs pointes écrivantes qui vont tracer leurs courbes sur un cylindre tournant. On contourne le tube élastique pour le faire passer sous les trois leviers, de telle sorte que chacun d'eux indique la forme de la pulsation en un point différent. En mettant le cylindre en rotation et en faisant fonctionner la boule de caoutchouc on obtient trois tracés superposés de telle manière que les mouvements qui se sont passés à un même instant dans les trois points du tube se trouvent représentés sur une même ligne verticale.

Nous connaissons déjà quel a été le résultat des expériences que M. Marey a faites d'après cette nouvelle méthode d'expérimentation. On trouve dans la thèse de ce physiologiste une figure qui représente trois tracés, obtenus simultanément sur trois portions

différentes d'un tube élastique. Ils indiquent « que, près l'orifice d'entrée, l'ampliation du tube est brusque et complète au bout d'un temps qui n'égale peut-être pas un dixième de la durée d'une révolution du cœur, tandis que dans un point éloigné l'ampliation et le resserrement du vaisseau ont à peu près la même durée. » Enfin on remarque que la pulsation commence partout au même instant.

J'ai répété un grand nombre de fois cette expérience, mais les résultats auxquels je suis arrivé diffèrent entièrement de ceux obtenus par M. Marey.

J'ai toujours vu la pulsation observée près de l'extrémité terminale du tube apparaître plus tard que celle qui est produite dans un point rapproché de l'orifice d'entrée. Quant à la différence dans la durée de l'ampliation du tube en ces deux points, je n'ai certainement jamais observé une différence aussi considérable que celle dont il s'agit dans l'expérience citée plus haut.

D'ailleurs, au moyen du nouvel appareil enregistreur que j'ai décrit, j'ai pu employer sur l'homme la manière d'opérer que M. Marey a imaginée pour déterminer le mode de progression de l'ondée liquide dans les tubes élastiques.

En appliquant un des entonnoirs de l'appareil sur la carotide et un autre sur la tibiale postérieure, on obtient simultanément sur le même papier les tracés du pouls de ces deux artères. Le double tracé ainsi obtenu indique toujours que la pulsation de la tibiale postérieure commence plus tard que la pulsation de la carotide. Ce retard est, dans une de mes observations, de 1 huitième de seconde, tandis que la durée de l'ampliation de la tibiale postérieure n'a surpassé la durée d'ampliation de la carotide que de 1 seizième de seconde ; le sommet de la pulsation carotidienne avait donc précédé le sommet de la pulsation de la tibiale postérieure de 3 seixièmes de seconde. Souvent je n'ai pas trouvé de différence appréciable dans la durée de la période d'ascension des deux leviers, alors que le retard dans le commencement de la pulsation de la tibiale postérieure était très-manifeste.

En prenant simultanément des tracés sur la carotide et sur la radiale, on observe un retard moindre que dans le cas précédent.

M. Chauveau, ayant fixé un hémomètre à la carotide d'un cheval, a étudié les mouvements imprimés à la colonne mercurielle pendant une révolution du cœur. Voici comment il rend compte de son observation :

« La colonne de mercure atteint, au moment de la systole ventriculaire, son maximum de hauteur, soit, chez un cheval vigoureux, 20 centimètres : et pendant que les ventricules sont en diastole, la colonne s'abaisse de 7 centimètres. Mais elle n'accomplit pas d'un seul trait ce trajet descendant; elle arrive d'abord à 6 centimètres au-dessous de son point maximum, s'arrête alors brusquement et descend enfin à son point le plus bas, c'est-à-dire au treizième centimètre de l'échelle hémodynamométrique. Après quoi survient une nouvelle systole qui pousse le mercure à 20 centimètres, hauteur d'où il redescend en deux temps, de la manière indiquée, pour remonter encore à la systole suivante, et ainsi de suite. » (Mémoire sur les bruits de souffle; *Gazette médicale de Paris*, 1858, p. 273.)

Plus loin, M. Chauveau ajoute « qu'au moment du temps d'arrêt qui interrompt son mouvement de descente, la colonne mercurielle éprouve souvent un soubresaut qui la fait remonter d'une petite quantité, un demi ou 1 centimètre. »

M. Chauveau attribue à la fermeture des valvules sigmoïdes l'arrêt et le soubresaut qu'éprouve la colonne mercurielle.

M. Marey a observé un phénomène analogue au précédent sur l'appareil avec lequel il produit une pulsation artificielle. Un manomètre, communiquant avec le tube élastique, révèle ordinairement deux pulsations, chaque fois que l'on comprime la boule; ces deux pulsations se suivent de près, et la seconde est plus faible que la première. M. Marey a vu une analogie complète entre ce genre de pulsation et la pulsation artérielle dite *dicrote*, c'est-à-dire celle qui donne au doigt la sensation d'un double choc. Dès lors cet expérimentateur a entrepris de rechercher, par des expériences hydrau-

liques faites sur les tubes élastiques, la nature du pouls dicrote. De ces expériences et de ce fait, énoncé par M. Beau, qu'il y a *absence constante de dicrotisme à la fémorale*, M. Marey conclut que *le dicrotisme serait dû à l'écho d'une ondée sanguine qui se réfléchit à la bifurcation inférieure de l'aorte sur l'éperon des deux artères iliaques*. L'auteur fait remarquer qu'on a pu constater le dicrotisme à l'état normal chez les animaux, et que Ludwig a représenté dans une figure un pouls dicrote recueilli sur la carotide d'un cheval; et il ajoute que ce phénomène existe peut-être normalement chez l'homme, mais à un degré trop faible pour être perçu par le toucher. Plus tard M. Marey a pu faire constater la justesse de cette prévision à l'aide des tracés fournis par son sphygmographe.

On comprend difficilement que l'ondée sanguine, réfléchie par l'éperon des iliaques et la diminution de calibre de l'aorte en ce point, ne soit pas de nouveau réfléchie par les nombreux obstacles qu'elle va rencontrer avant d'arriver à la radiale près du poignet.

J'ai cherché à démontrer, par des expériences que M. le D[r] Delore a bien voulu répéter devant la Société de médecine de Lyon, en 1859, que l'on ne pouvait admettre cette théorie du dicrotisme. Avec un levier appuyé sur la fémorale, il m'avait semblé que la pulsation était dicrote. Quelques mois après, j'ai obtenu, à l'aide du sphygmographe de M. Marey, des tracés du pouls de la fémorale et de la tibiale postérieure qui ne laissent aucun doute sur l'existence normale du dicrotisme dans les artères du membre inférieur. M. Marey pense maintenant que la réflexion a lieu aux capillaires et non à l'éperon des iliaques (*Journal de physiologie*).

Sur les tracés du pouls des artères, comme sur ceux du pouls artificiel, on peut observer dans la deuxième période de la pulsation non-seulement une pulsation secondaire, mais, suivant le cas, deux, trois, quatre *pulsations secondaires*, et peut-être davantage. Ce sont précisément ces petites pulsations secondaires qui constituent les sinuosités de la deuxième période du tracé de la pulsation proprement dite. Elles sont formées soit par une nouvelle ascension du

levier du sphygmographe, soit par un simple ralentissement dans la descente de ce levier. La pulsation secondaire décrite par M. Marey sous le nom de *dicrotisme* ne diffère des autres que par son amplitude qui est en général plus considérable.

Il est facile de démontrer que ces pulsations secondaires sont bien réellement des éléments de la pulsation artérielle, et qu'elles ne sont pas dues à des oscillations consécutives du levier enregistreur. On retrouve en effet les mêmes éléments dans des tracés pris successivement sur une même artère avec des appareils dont les leviers ont des longueurs très-différentes. Qu'on limite l'étendue de l'oscillation du levier sphygmographique à l'aide de deux obstacles assez rapprochés l'un de l'autre pour que l'appareil ne puisse écrire qu'un des éléments de la pulsation : cet élément aura la même forme et occupera la même place sur le papier que si la pulsation entière avait été tracée; c'est du moins ce qui arrive quand on se sert d'un bon appareil enregistreur.

Par quel mécanisme se produisent ces *pulsations secondaires?*

J'ai cherché à résoudre ce problème par des expériences faites sur l'appareil schématique de la circulation, que j'ai déjà décrit, et par des expériences faites directement sur l'homme.

Le tube élastique que j'ai employé avait un peu plus de 2 mètres. Deux tracés pris simultanément, d'après le procédé de M. Marey, sur deux points du tube situés à 30 centimètres environ de ses extrémités, permettent d'établir les rapports suivants : les portions convexes du tracé de la pulsation d'une des extrémités du tube sont formées au même instant que les portions concaves de la pulsation de l'autre extrémité. Le sommet de la pulsation prise près de l'organe d'impulsion qui simule le cœur est le seul élément convexe en dehors de cette loi.

Cette expérience fait déjà prévoir quel doit être le mécanisme des pulsations secondaires; mais, pour avoir une idée plus nette des mouvements du liquide dans le tube, on peut avoir recours au procédé suivant :

Je divise le tube en dix parties égales ; avec neuf doubles tracés, pris successivement, je peux connaître ce qui, dans les pulsations de ces dix divisions, correspond au même instant ; sur une planchette, je trace un rectangle très-allongé, dont le grand côté, divisé en dix parties, représente la longueur du tube artériel, et le petit côté, la durée d'une pulsation ; sur ce rectangle, comme base, j'élève une figure solide telle que ses coupes, par des plans menés perpendiculairement par les dix divisions du grand côté du rectangle, représentent les pulsations qui y correspondent, et telle que sa coupe, par un plan perpendiculaire en un point quelconque du petit côté de la base, indique ce qui, dans ces pulsations, correspond au même instant.

Cette figure solide fait voir tous les degrés de dilatation par lesquels passent les diverses portions du tube pendant la durée d'une révolution du cœur. On peut donc connaître, d'après son inspection, quels sont les mouvements du liquide pendant le même espace de temps.

Des expériences qui précèdent, il résulte que les pulsations secondaires sont dues à des oscillations de l'ondée allant alternativement vers les portions du tube rapprochées de la boule de caoutchouc et vers les portions voisines de l'orifice d'écoulement. Selon la portion du tube à laquelle appartient le tracé, les pulsations secondaires sont produites par une oscillation centripète ou par une oscillation centrifuge. Toutefois, vers le milieu du tube, soit dans son tiers moyen, les pulsations secondaires, plus petites et plus nombreuses, sont dues alternativement à l'un et à l'autre mouvement du liquide.

L'existence de ces oscillations est une conséquence nécessaire de l'apparition successive de la pulsation aux différents points du tube. Au moment de la formation du maximum de la pulsation près de l'orifice d'écoulement, il n'y a pas équilibre relatif, c'est-à-dire que les pressions ne sont pas réparties le long du tube comme elles le seraient par le seul fait de l'écoulement, car sur les autres points

du tube le resserrement a succédé immédiatement à la dilatation : de là les mouvements de va-et-vient de l'ondée, mouvements dont le nombre n'est limité que par l'apparition d'une nouvelle pulsation ou par l'affaiblissement progressif que leur font éprouver les frottements.

Il est évident qu'une molécule donnée du liquide n'est pas transportée d'une extrémité du tube à l'autre à chaque oscillation ; c'est ce qui arrive pour la vague, qui ne transporte pas sur toute la longueur de son parcours les corps légers flottant à la surface du liquide.

Le nombre des pulsations secondaires augmente quand la fréquence du pouls diminue. Toutes choses égales d'ailleurs, leur nombre est d'autant plus grand que le tube est plus court. Le tube étant de 2 mètres et soixante ondées étant introduites dans l'espace d'une minute, le tracé d'une pulsation, pris près de l'orifice d'entrée, présente généralement deux pulsations secondaires. On conçoit enfin que, dans certains cas, le mode d'introduction de l'ondée, l'élasticité du tube, puissent avoir une influence sur le nombre des pulsations secondaires.

Ces éléments de la pulsation, ainsi que la pulsation elle-même, ont plus d'amplitude vers les extrémités du tube que dans sa partie moyenne.

Souvent les tracés de la pulsation artérielle ne peuvent être distingués des tracés de la pulsation artificielle, et il serait difficile d'admettre que les deux phénomènes ne soient pas produits par le même mécanisme. Mais le système artériel est trop complexe pour que l'on puisse se faire une idée exacte des mouvements du sang d'après des études faites sur un simple tube élastique ; c'est pour cette raison que j'ai cherché à interpréter la deuxième période de la pulsation en expérimentant directement sur l'homme.

Je prends simultanément avec mon appareil enregistreur le tracé du pouls à la carotide et à la tibiale postérieure. Le double tracé montre que les pulsations secondaires de la carotide alternent avec

celles de la tibiale postérieure; il y a exception pour la première pulsation secondaire de la carotide. En d'autres termes, toutes les fois qu'un des deux leviers de l'appareil éprouve, pendant la deuxième période de la pulsation, soit un nouveau soulèvement, soit un ralentissement momentané dans sa descente, l'autre levier ou bien subit un mouvement d'abaissement qui succède à un mouvement d'ascension, ou bien accélère sa descente.

Je prends ensuite simultanément les tracés de la carotide et de la radiale; voici l'ordre dans lequel apparaissent les éléments des pulsations de ces deux artères : le sommet de la pulsation de la carotide, le sommet de celle de la radiale, la première pulsation secondaire de la carotide, une petite pulsation secondaire à la radiale. Quand aux autres éléments, ils m'ont paru alterner moins exactement.

Si l'on considère le mécanisme de la pulsation artificielle, formée sur un seul tube élastique, il semble résulter des deux expériences précédentes que les éléments des pulsations de la carotide, de la tibiale postérieure, et de la radiale, sont produits comme si le système artériel n'était composé que de deux artères d'inégale longueur. L'ondée qui est allée dilater les artères des membres supérieurs et les autres artères dont l'extrémité capillaire est à la même distance du cœur, ayant moins d'espace à parcourir que l'ondée qui s'est dirigée vers les membres inférieurs, reviendrait sur elle-même pour former une première pulsation secondaire dans les artères les plus voisines du cœur ; une portion de cette ondée, chassée de nouveau vers la radiale, y produirait souvent une petite pulsation secondaire semblable à celle de la carotide. Il faut remarquer que c'est au moment de la formation du sommet de la pulsation de la tibiale postérieure, au moment où les artères voisines du cœur n'ont plus à se vider au profit des artères les plus éloignées, que le retour de l'ondée de certaines artères peut déterminer la production d'une pulsation secondaire à la carotide.

Quant à l'ondée des membres supérieurs, elle revient dilater la

carotide pour y former la pulsation secondaire qui est ordinairement la plus apparente (le *dicrotisme* de M. Marey). Après avoir dilaté les artères qui avoisinent le cœur, elle va dans les membres thoraciques et addominaux, où apparaît la principale pulsation secondaire et ainsi de suite.

Si notre interprétation de la forme de ces pulsations est vraie, on doit pouvoir anéantir, en comprimant les deux fémorales, les pulsations secondaires qu'une ondée, revenant des membres inférieurs, forme à la carotide. C'est précisément ce qui arrive. Tandis que la première pulsation secondaire, qui est due à une ondée venant des membres supérieurs, prend un grand accroissement, le levier enregistreur trace une ligne sensiblement droite à la place des autres éléments de la pulsation.

Il serait intéressant de voir ce qui arrive lorsqu'on comprime les deux *sous-clavières*. On pourrait aussi comparer un tracé ordinaire de la pulsation de la carotide à un tracé obtenu sur un sujet privé de bras.

Le tracé de la pulsation artificielle, formée sur un seul tube élastique, ne présente pas de petite pulsation secondaire entre le sommet et la pulsation secondaire principale (dicrotisme), à la condition cependant que ce tracé soit pris près d'une des extrémités du tube. Mais, si l'on branche sur ce vaisseau, près de l'orifice d'entrée, un autre petit tube, muni lui-même d'un ajutage étroit, on peut observer sur le tracé pris près de la boule de caoutchouc une petite pulsation secondaire analogue à celle de la carotide. On la fait disparaître en comprimant le petit tube près de son origine, et elle devient au contraire plus apparente, tandis que les autres pulsations secondaires disparaissent quand on comprime le grand tube.

Toutes ces expériences ont besoin d'être répétées avec soin ; je suis loin de considérer comme parfaitement démontrée la théorie que j'ai émise sur le mécanisme de chacun des éléments de la pulsation. Mais je ne doute pas que les pulsations secondaires des artères ne soient dues à des oscillations de l'ondée sanguine, oscillations tout

à fait analogues à celle qu'il est facile d'observer dans un tube élastique.

Lorsque, par un artifice quelconque, on augmente suffisamment la fréquence des battements du cœur, le nombre des pulsations secondaires diminue. Le pouls de la radiale, qui bat 65 fois à la minute, a ordinairement deux pulsations secondaires. Le pouls fréquent n'en a qu'une seule. D'ailleurs, quant au nombre de ces petites pulsations, il faut tenir compte de la sensibilité de l'appareil enregistreur.

L'amplitude des pulsations secondaires varie certainement avec l'élasticité artérielle, avec l'obstacle qui s'oppose à l'écoulement du sang à travers les capillaires, avec la tension artérielle, mais elle me paraît surtout dépendre du volume de l'ondée introduite dans les artères et du temps que l'ondée met à franchir l'orifice aortique. Il est probable qu'en général une ondée peu volumineuse est favorable à l'amplitude de ces pulsations secondaires.

J'ai observé que la pulsation secondaire de la radiale avait toujours une grande amplitude quand le pouls était fréquent; qu'au contraire, le pouls lent n'offrait presque jamais que de très-petites pulsations secondaires.

Ce qui précède ne s'applique pas à la première pulsation secondaire de la carotide, et à celle qui lui est analogue dans les tracés de la radiale. Celle-là semble, en effet, avoir d'autant plus d'amplitude que les autres en ont moins. Il arrive fréquemment alors qu'elle constitue le sommet de la pulsation proprement dite. Elle n'existe pas ou elle est à peine visible quand le dicrotisme est considérable.

Lorsqu'on enlève l'entonnoir de mon appareil enregistreur, et qu'on fait communiquer le tube en caoutchouc avec l'intérieur d'une ventouse de Junod, on obtient le tracé de pulsations sensiblement analogues à celles de l'artère qui alimente le membre emprisonné dans la ventouse.

En faisant communiquer le tube de caoutchouc avec la cavité buccale, fermée postérieurement avec la langue, le levier écrit une pulsation qui ressemble beaucoup à celle de la carotide. Je pense que le tracé ainsi obtenu est celui des battements des artères de la langue et des parois de la cavité buccale. On observe un phénomène semblable en adaptant le tube à une narine, et en fermant l'autre avec le doigt.

Lorsque ces cavités communiquent librement avec le poumon, le tracé obtenu est tout différent; le levier sphygmographique s'abaisse pendant le choc du cœur, ou plutôt pendant la systole artérielle. Le tracé est probablement dû, dans ce cas, à une influence directe qu'exercent les mouvements du cœur sur le volume du poumon.

Choc du cœur; ses rapports avec la pulsation des artères.

On a désigné sous les dénominations de *choc du cœur, battement du cœur, pulsation du cœur*, le soulèvement brusque qu'on perçoit en mettant la main sur la poitrine d'un homme un peu au-dessous et en dedans du mamelon. Afin de voir si la paroi thoracique n'exécuterait pas d'autres mouvements que ceux qui nous sont révélés par le toucher, j'ai appliqué un appareil enregistreur sur la région du cœur. Les tracés que j'ai obtenus sont, pour le moins, aussi complexes que ceux recueillis sur les artères, et il est bien difficile d'en donner une idée par une simple description.

Le tracé, pris sur le point où le choc a son maximum d'intensité, montre que la paroi thoracique n'est jamais en repos; le tracé ne présente pas, en effet, de ligne droite et horizontale; le levier monte ou descend à chaque instant.

Le levier enregistreur, brusquement soulevé, éprouve une vibration à la fin de ce premier mouvement qui correspond au choc, et atteint immédiatement après son maximum d'élévation; puis il trace une ligne un peu descendante pendant un temps variable, égal, par exemple, au tiers d'une révolution du cœur. Il éprouve une seconde

petite vibration, et il redescend rapidement au point le plus bas. Il remonte un peu, trace une ligne très-légèrement ascendante, et, après avoir décrit un petit crochet à convexité supérieure, il est de nouveau soulevé brusquement et ainsi de suite.

Si l'on ausculte le cœur en même temps qu'on a les yeux fixés sur le levier enregistreur, on remarque que les deux bruits semblent correspondre exactement aux deux petites vibrations du levier. On peut aussi considérer ces deux bruits comme coïncidant l'un avec l'ascension brusque du levier, l'autre avec sa descente rapide au point le plus bas. La paroi thoracique reste soulevée pendant tout le temps qui s'écoule entre les deux vibrations.

Si l'on applique l'instrument à une certaine distance du point où se fait le choc du cœur, on obtient le tracé de mouvements qui ne ressemblent pas aux précédents. Ce tracé est presque l'inverse de celui que je viens de décrire. La paroi thoracique se déprime pendant tout le temps que dure son soulèvement au niveau du cœur. Il est facile d'établir cette coïncidence en prenant les deux tracés à la fois. On observe à peu près le même phénomène sur l'abdomen. J'ai pensé que le cœur, tout en soulevant la paroi thoracique par son changement de forme et de consistance, pourrait bien, en diminuant de volume, produire une aspiration sur le reste des parois de la loge où il est enfermé.

En prenant simultanément les tracés des battements du cœur et du pouls de la carotide, il est facile de déterminer les rapports qui existent entre ces deux phénomènes. On peut voir que le commencement de la pulsation carotidienne suit immédiatement la première vibration que nous avons signalée dans le tracé des mouvements du cœur. Ce commencement de la pulsation coïncide avec le maximum de soulèvement de la paroi thoracique. Le sommet de la pulsation correspondrait à peu près au milieu de la ligne qui joint les deux vibrations. Le sommet de la pulsation de la tibiale postérieure, la première pulsation secondaire de la carotide et la deuxième vibra-

tion du levier qui trace les battements du cœur, me semblent correspondre au même instant.

D'après ce qui précède, on voit que la pulsation de la carotide suit, en réalité, le choc du cœur, si on ne fait consister le *choc du cœur* que dans le soulèvement brusque de la paroi thoracique. Ce fait semble favorable à la théorie des mouvements du cœur que soutient M. Beau ; mais il est bien difficile d'interpréter nos tracés en admettant que le choc est le résultat de la diastole ventriculaire. En effet, si la diastole du ventricule produit un soulèvement de la paroi thoracique, la systole ventriculaire doit donner lieu à un mouvement égal et en sens inverse ; or nous avons vu que le levier reste soulevé ou ne s'abaisse que très-peu pendant que la pulsation se forme à la carotide, c'est-à-dire pendant la systole ventriculaire.

Les tracés des mouvements du cœur peuvent servir à déterminer la durée de la diastole et de la systole ventriculaire.

M. Marey pense que la fréquence des battements du cœur est en raison inverse de la résistance qu'éprouve la systole du ventricule. Il émet l'opinion que le cœur serait soumis aux lois générales de la dynamique et exécuterait des mouvements d'autant plus lents et plus rares qu'il éprouverait plus de résistance à accomplir chacun d'eux.

Nos expériences sont en désaccord avec cette proposition. Dans une note présentée, il y a quelques mois, à l'Académie des sciences, j'ai montré que la durée de la systole ventriculaire variait très-peu relativement à la fréquence des battements du cœur ; tandis que dans les mêmes circonstances la portion diastolique du tracé éprouvait les plus grands changements.

QUESTIONS

SUR

LES DIVERSES BRANCHES DES SCIENCES MÉDICALES.

Physique. — Du mouvement réel des fluides dans les vaisseaux, des circonstances qui le modifient et des signes qui l'indiquent.

Chimie. — Des caractères distinctifs des sels d'antimoine.

Pharmacie. — De l'emploi pharmaceutique des plantes qui appartiennent à la famille des crucifères.

Histoire naturelle. — Des caractères de la famille des fougères; comparaison de la structure de sa tige avec celle des monocotylédonées; indication des médicaments fournis par cette famille.

Anatomie. — Des rameaux fournis par le facial pendant son trajet dans l'os temporal.

Physiologie. — De la composition chimique du sang.

Pathologie interne. — De l'apoplexie pulmonaire.

Pathologie externe. — Des causes des déplacements dans les fractures.

Pathologie générale. — Des altérations de composition que l'urine peut éprouver dans les maladies.

Anatomie pathologique. — De l'apoplexie cérébrale.

Accouchements. — De l'hémorrhagie utérine après l'accouchement.

Thérapeutique. — Des principales indications de la médication purgative.

Médecine opératoire. — De la méthode de Brasdor dans le traitement des anévrysmes.

Médecine légale. — Des caractères cadavériques de la mort par la foudre.

Hygiène. — De l'influence qu'exercent sur la santé les divers modes de chauffage.

Vu, bon à imprimer.

GAVARRET, Président.

Permis d'imprimer.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

A. MOURIER.